



DEUTSCHES
PATENTAMT

A 01 G 7/06
C 05 G 3/04
D 03 D 3/00
// A01G 7/00,
D01F 6/04

21 Aktenzeichen: P 36 00 340.9
22 Anmeldetag: 8. 1. 86
43 Offenlegungstag: 9. 7. 87

DE 3600340 A1

71 Anmelder:
Leca Deutschland GmbH & Co KG, 2083 Halstenbek,
DE

74 Vertreter:
Diehl, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000
München

72 Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes von Stadtbäumen und Verwendung dieser Vorrichtung bei Neupflanzungen

Eine Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes von Stadtbäumen besteht aus einer flexiblen luft- und wasserdurchlässigen, schlauchartigen Hülle, die mit einem grobkörnigen, porigen Leichtzuschlagstoff nach DIN 4226 gefüllt ist und bei Neupflanzungen in Pflanzgruben von deren oberen Rand bis zu deren Sohle verlegt wird. Als Leichtzuschlagstoffe kommen Bimsschlacke, Lavaschlacke, Hochofenschlacke und bevorzugt ein Granulat aus Blähton und/oder Blähschiefer zur Verwendung. Die Hülle besteht aus einem unverrottbaren Material und weist eine Luftdiffusionswiderstandszahl $\mu \leq 1$ auf. In einer Ausgestaltung wird die Vorrichtung durch diskrete, in Längsrichtung aneinander anschließende, gefüllte Hüllenstücke aufgebaut, die mittels Verbindungselementen aneinander kopplbar sind. Verzweigungen in Richtung auf die Sohle der Pflanzgrube verbessern den Gasaustausch und die Bewässerung im Wurzelbereich.

DE 3600340 A1

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes von Stadtbäumen, gekennzeichnet durch eine flexible luft- und wasserdurchlässige schlauchartige Hülle (17), die mit einem grobkörnigen, porigen Leichtzuschlagstoff (18) nach DIN 4226 gefüllt ist zur Verlegung bei Neupflanzungen in Pflanzgruben (1) von deren oberen Rand bis zu deren Sohle (8).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Leichtzuschlagstoff (18) Bims- und/oder Lavaschlacke und/oder Hochofenschlacke verwendet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Leichtzuschlagstoff (18) ein Granulat verwendet ist, das bis zu 100 Vol.-% Blähton und/oder Blähschiefer enthält.
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Leichtzuschlagstoff (18) zumindest im Zentrum der schlauchförmigen Hülle (17) eine Körnung von 10 bis 25 mm, vorzugsweise 12 bis 18 mm aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Körnung des Leichtzuschlagstoffs (18) angrenzend an den Innenrand der Hülle (17) kleiner ist als im Zentrum der Hülle.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Granulat (18) Bruchkorn mit einem Anteil von etwa 30 bis 50% enthält.
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) eine Luftdiffusionswiderstandszahl $\mu \leq 1$ aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) einen Durchmesser von ca. 10 bis 30 cm, vorzugsweise 15 bis 16 cm aufweist.
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) aus einem nicht verrottbaren Material, vorzugsweise Kunststoff besteht.
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) aus einem Raschelgewebe (20) besteht.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) aus einem Bändchengewebe (19) besteht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Bändchengewebe (19) aus zwei zueinander senkrecht verlaufenden Sätzen von Kunststoffbändchen (19a, 19b) besteht, wobei die nebeneinander liegenden Bändchen derartige Abstände voneinander haben, daß sie ca. 50 bis 80%, vorzugsweise ca. 70% der von ihnen eingenommenen Fläche bedecken.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Bändchen (19a, 19b) eine Breite von 0,5 bis 2 mm, vorzugsweise 0,8 bis 1,2 mm aufweisen.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Hülle (17) aus Polyethylen oder Polypropylen besteht.
15. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle

- (17) zumindest in Teilbereichen von einer Schicht eines Wirrfaservlieses (25) umgeben ist.
16. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wasser- und luftdurchlässige Hülle (17) zumindest im Seitenbereich doppelwandig ausgebildet ist und daß zwischen den beiden Wänden (26, 27) ein feinkörniges Granulat (28) eingebracht ist als im Innenbereich der inneren Wand (27).
17. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (17) an ihrem unteren und/oder oberen Ende verschlossen, vorzugsweise vernäht oder verschweißt ist.
18. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch diskrete in Längsrichtung aneinander anschließende gefüllte Hüllenteile (17a, 17b), die mittels Verbindungselementen (29; 36; 38) aneinander koppelbar sind.
19. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche gekennzeichnet durch Zwei- oder Mehrfachverzweigungen (12a, 12b) in Richtung auf die Sohle (8) der Pflanzgrube (1).
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzweigungen durch die Verbindungselemente (36; 38) gebildet sind.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen und unteren Enden der Hüllenteile (17a, 17b) grobporös ausgebildet sind und/oder daß Mittel (34, 35; 39, 40; 44) vorgesehen sind, die ein Öffnen der Hüllenden beim oder nach dem Zusammenkoppeln derselben ermöglichen.
22. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hüllen (17) an ihrem oberen Rand eine vorzugsweise mit einem Verstellknebel versehene Zugschnur (44) aufweisen und/oder daß die Hüllen (17) an ihren oberen Enden trichterförmig erweitert und/oder an ihren unteren Enden verjüngt sind.
23. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hüllen (17) nicht vollständig mit dem Leichtzuschlagstoff (18) gefüllt sind und einen überstehenden oberen Randbereich (41) aufweisen, der in Längsrichtung aufgeschlitzt (42) oder aufschlitzbar ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente (29) aus Rohrstücken (30) bestehen, die im Inneren Begrenzungsvorsprünge oder zumindest einen irisblendenartigen Ring (31) aufweisen.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrstücke (30) von ihren Mündungen nach Innen weisende widerhakenförmige Zapfen (32) aufweisen.
26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrstücke (30) in ihrem Inneren Schneidkanten (34, 35) aufweisen, die beim Einschieben der Hüllenden deren Ober- und/oder Unterseite aufschlitzen.
27. Verwendung der Vorrichtungen nach einem der vorstehenden Ansprüche zur Belüftung und/oder Bewässerung von Stadtbäumen (10), wobei die Vorrichtungen vor Einbringen des Baumes in die Pflanzgrube (1) der Außenwandung (7, 8) derselben folgend derart eingebracht werden, daß das oberste Ende der obersten schlauchartigen Hülle (17) im wesentlichen mit dem Flächenniveau der Umge-

bung (3) fluchtet, und daß das zumindest eine untere Ende (12a, 12b) bis zum Boden (8) der Pflanzgrube (1), vorzugsweise an deren tiefsten Punkt hinabgeführt ist.

28. Verwendung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Leichtzuschlagstoffen gefüllten Hüllen (17) geschlängelt und/oder gestaucht in die Pflanzgrube (1) eingebracht werden.

29. Verwendung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Leichtzuschlagstoffen (18) gefüllten Hüllen (17) vorzugsweise in den sich nach unten verzweigenden Bereich (12a, 12b) in einer Schräglage von 30 bis 70° gegenüber der Vertikalen verlegt werden.

30. Verwendung nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Pflanzgrube (1) tiefer ausgeführt wird, als dies zur Aufnahme des Wurzelballens (9) notwendig ist, oder daß die mit Leichtzuschlagstoffen (18) versehenen Hüllen (17) unter den Boden (8) der Pflanzgrube (1) abgesenkt werden.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes von Stadtbäumen gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs und die Verwendung dieser Vorrichtung bei Neupflanzungen.

Angesichts des Baumsterbens in Landschaft und Stadt sollten alle Möglichkeiten ergriffen werden, den Bäumen gerade im Wohnumfeld des Menschen ihr Dasein zu erleichtern; denn die Bäume tragen sehr wesentlich zur Steigerung der Lebensqualität in den Städten bei. Maßnahmen zur Steigerung der Vitalität von Stadtbäumen werden aber nur dann von Erfolg gekrönt sein können, wenn alle belastenden Umweltfaktoren genau bekannt sind. Die allgemeinen Bemühungen sind darauf gerichtet, die Emission belastender Schadstoffe wie Luftverunreinigungen und Auftausalzen zu verringern. Die Anmelderin hat jedoch erkannt, daß es ebenso, ja vielleicht noch wichtiger ist, die Widerstandskraft der Bäume gegenüber diesen Schadstoffen zu erhöhen, wozu es nötig ist, deren Vitalität grundsätzlich zu stärken. Da ein großer Komplex von belastenden Faktoren mit der spezifischen Stadtumwelt zusammenhängt, hat die Anmelderin durch einen Vergleich vom natürlichen Waldstandort mit dem Stadtstandort abgeklärt, welches die spezifischen belastenden Faktoren der Stadt sind.

Für die Entwicklung eines Baumes ist der Nährstoffkreislauf ein wesentlicher Faktor. Im Wald vollzieht sich ein ständiger Nährstoffkreislauf. Alljährlich gelangt mit dem Laub- und Nadelfall sehr viel organisches Material auf den Boden, das dann durch Mikroorganismen und Bodentiere aufgearbeitet und teilweise mit dem Mineralboden vermengt wird. Durch diese biologische Aktivität entsteht ein lockerer und meistens gut durchlüfteter Humus, der ein hervorragendes Wurzelsubstrat für die Bäume darstellt. Mit dem Laub und den Nadeln werden dem Waldboden Pflanzennährstoffe in beträchtlicher Menge zurückgegeben. Bei der Streuzersetzung wird ein Teil dieser Nährstoffe pflanzenverfügbar und kann dann entweder direkt durch die Baumwurzeln oder auf dem Wege über Wurzelpilze vom Baum aufgenommen werden. Gerade diese Wurzelpilze benötigen sehr viel Sauerstoff, und sie entfalten sich besonders gut in dem lockeren Waldhumus. Im Stadtbereich muß dagegen Falllaub oft entfernt werden und damit entfällt

eine wichtige Quelle nur die Nährstoffnachlieferung und für die Lebenstätigkeit der bodenlockernden Tiere. Unter starkem Nährstoffmangel leiden die Stadtböden aber nur in Ausnahmefällen, da trotz der Unterbrechung des für den Wald typischen Nährstoffkreislaufes Straßenstaub, Bauschutt u. a. Materialien düngend wirken. Bedenklich ist dagegen, daß durch das Wegräumen des Falllaubes den lockernden Bodentieren ihre Lebensgrundlage entzogen wird und Stadtböden daher zur Verdichtung neigen.

Ein weiterer entscheidender Punkt für das Leben eines Baumes ist der Wasserhaushalt. Ein Wald verdunstet im Sommer täglich durchschnittlich zwischen 2 und 4 l Wasser pro qm Bodenfläche. Aus diesen Werten ergibt sich, daß der Wald während des Sommers gleich viel oder gar mehr Wasser verdunstet als an Niederschlägen fällt. Dies erfolgt über kleine in ihrem Öffnungszustand regulierbare Poren — Spaltöffnungen — welche die Pflanzen in ihren Blättern und Nadeln besitzen. Sind diese geöffnet, so kann das für die Stoffproduktion wichtige Kohlendioxyd in das Blatt diffundieren, gleichzeitig verläßt aber Wasserdampf das Blatt. Bei schlechter Wasserversorgung müssen die Spaltöffnungen geschlossen werden, womit auch die Stoffproduktion stark eingeschränkt wird.

Der Wald verbraucht im Jahresdurchschnitt zwar weniger Wasser als die jährliche Regenmenge und kann somit zur Auffüllung des Grundwassers und zur Speicherung der Quellen beitragen, im Sommer jedoch wird das Wasser oft zum Minimumfaktor. Das Wasserdefizit des Sommers kann nur dadurch gedeckt werden, daß der Waldboden sich während des Winters mit Wasser anreichert. Je mehr Wasser der Boden im Winterhalbjahr zu speichern vermag und je tiefer der Boden durchwurzelbar ist, desto höher wird die Stoffproduktion der Wälder. Hieraus wird auch die Bedeutung eines lockeren, tiefgründig durchwurzelbaren Bereichs deutlich. Die potentielle Verdunstung ist für die Bäume in der Stadt oft höher als im Wald. Zwei wichtige Ursachen sind hierfür maßgebend, nämlich:

- a) die in der Stadt oft höheren Temperaturen und der geringere Wasserdampfgehalt der Luft;
- b) in der Stadt wachsen die Bäume meistens als Solitärgehölze, weshalb sie stärker besonnt und bewindet sind, was die Wasserdampfabgabe fördert.

Da den Bäumen in der Stadt, besonders aber im Straßenbereich meistens ein zu kleiner Wurzelbereich geboten wird, können sie das Wasser eines nur kleinen Bodenvolumens nutzen. Zudem ist der Boden häufig verdichtet und damit die Wurzelaktivität herabgesetzt. Die Wasserversorgung der Krone ist also oft ein Minimumfaktor für die Entwicklung der Stadtbäume.

Ein weiterer Faktor der die Entwicklung eines Baumes wesentlich beeinflußt ist dessen Wurzelverbreitung. Die Entwicklung der Baumwurzeln wird zwar durch Erbanlagen gesteuert jedoch durch die Umwelt stark beeinflußt, so daß innerhalb gewisser Grenzen die Ausprägung des Wurzel- in Abhängigkeit vom Standort variiert. Gute Nährsalz-, insbesondere Stickstoffversorgung, sowie optimale Wasserzufuhr bedingen ein relativ schwach entwickeltes Wurzelwerk, während bei Wasser- und Nährsalzmangel ein ausgedehntes Wurzelsystem angelegt werden muß. Auf fruchtbaren und gut mit Wasser versorgten Böden entspricht daher der Durchmesser des durchwurzelten Bodens etwa dem Kronendurchmesser, auf ärmeren Böden übertrifft dagegen die

horizontale Wurzel ausbreitung den Kronendurchmesser um das Drei- bis Zehnfache. Eine enorme Einschränkung des naturbedingten Lebensraumes erfährt hier der Baum im Stadtbereich durch Einbetonierung bzw. Einpflasterung der Baumscheibe oder durch Versorgungsleitungen und Fundamente. Eine wichtige und zu wenig beachtete Ursache für das Kümern von Bäumen in der Stadt bzw. für ihre mangelnde Widerstandskraft gegenüber anderen belastenden Faktoren stellt somit die Nichterfüllung ihrer elementaren Raumansprüche im Wurzelbereich dar. Sollen die Bäume in der Stadt ihre für den Menschen wichtigen Wohlfahrtswirkungen entfalten, so ist eine der Mindestvoraussetzungen, daß ihnen der nötige Wurzelraum erhalten bleibt.

Im Zusammenwirken mit den vorstehend erwähnten Faktoren spielt schließlich die Bodenbelüftung für die Entwicklung eines Baumes eine entscheidende Rolle, was bereits vorstehend angeklungen war. Nicht nur die geringere Aktivität der Bodenorganismen, sondern auch der Fußgänger- und Autoverkehr bedingen im Stadtbereich eine Verdichtung des Bodens, der aus fester Substanz und den mit Luft oder Wasser gefüllten Poren besteht. Hinsichtlich der Porengröße unterscheidet man:

- a) Grobporen, die für die Durchlüftung der Böden und damit für die Sauerstoffversorgung der Bodenorganismen und Wurzeln außerordentlich wichtig sind. Für die Wasserspeicherung des Bodens sind die Grobporen von untergeordneter Bedeutung, denn unter dem Einfluß der Schwerkraft sickert das Wasser aus ihnen mehr oder weniger rasch heraus.
- b) Mittelporen, welche wegen ihres geringen Durchmessers das Wasser kapillar festhalten. Diese sind für die Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers besonders wichtig.
- c) Feinporen in denen das Wasser so fest gebunden ist, daß die Pflanzenwurzeln es nicht auszunutzen vermögen.

Bodenverdichtung bedingt durch die Verkehrslast macht sich besonders im Bereich der Grobporen bemerkbar. Diese für den Gasaustausch zwischen der freien Atmosphäre und dem Boden wichtigen Poren erfahren einen starken Rückgang, wodurch die Intensität des Gasaustausches vermindert wird, was sich negativ auf die Mikroorganismen und auf die Tätigkeit der Pflanzenwurzeln auswirkt, da eine erschwerte Sauerstoffzufuhr zu den Wurzeln und den Bodenorganismen die Energieversorgung der Pflanze herabsetzt. Behinderte Sauerstoffversorgung der Wurzeln verursacht also über einen Abfall der Wurzelatmung eine Hemmung von Wurzelwachstum und von Wasser- und Nährsalzaufnahme, alles Prozesse, die energieabhängig sind.

Die Durchlüftung verdichteter Straßenböden ist bei Starkregen noch mehr erschwert, denn infolge des verminderten Porenvolumens sind die Böden rasch mit Wasser gesättigt und können in diesem Zustand den Sauerstoffbedarf der Wurzel noch weniger gut befriedigen, da im Wasser der Sauerstoff wesentlich schlechter diffundiert als in der Luft. Der Diffusionskoeffizient für Sauerstoff liegt in Wasser etwa 10 000 mal niedriger als in Luft.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, daß gerade die in der Stadt oft gegebene Bodenverdichtung ein entscheidendes Hindernis für eine hinreichend tiefe Durchwurzelung des Bodens darstellt, wobei darüberhinaus durch undurchlässige Bodenbeläge (Zement, Bi-

tumen, Asphalt u. a.), sowie durch Fundamente und Kabelschächte auch die horizontale Wurzel ausbreitung oft erheblich eingeschränkt ist. Dies behindert die Hauptvoraussetzung für eine hinreichende Vitalität des Stadtbäumens, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen wasser- 5 verdunstender Blattmasse und wasseraufnehmender Wurzelmasse und setzt das Kronenwachstum herab. Schütterne Kronen, welche die gesamten lebenden Organe des Baumes nur unzureichend mit den lebensnotwendigen organischen Substanzen, nämlich Zucker und 10 Stärke versorgen können, sind die Folge; ein deutliches Zeichen für die Vitalitätsminderung der Stadtbäume und deren erhöhte Anfälligkeit gegenüber den zusätzlich anfallenden Schadstoffen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei der Neupflanzung von Stadtbäumen die Möglichkeiten für eine gute Durchlüftung und eine ausreichende Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes zu schaffen, die trotz der drohenden Verdichtungsgefahr für den Boden und bei geringer Pflanzfläche lang- 20 zeitig gesunde Lebensbedingungen für die Stadtbäume gewährleisten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraumes von Stadtbäumen gelöst, welche gekennzeichnet ist durch eine flexible luft- und wasser- 25 durchlässige schlauchartige Hülle, die mit einem grobkörnigen porösen Leichtzuschlagstoff nach DIN 4226 gefüllt ist und bei Neupflanzungen von Stadtbäumen in Pflanzgruben von deren oberen Rand bis zu deren Sohle verlegbar ist. Hierdurch wird verhindert, daß Bodenverdichtungen im Bereich der Pflanzgrube eine ausreichende Belüftung insbesondere der tieferen Wurzelbereiche unterbinden, wobei die Stadtbäume 30 gleichzeitig die Gelegenheit erhalten, den Boden tiefer zu erschließen aufgrund der Möglichkeit, dort den notwendigen Gasaustausch d. h. die Abfuhr des bei der Atmung entstandenen Kohlendioxids und die Ergänzung des dabei aufgezehrten Sauerstoffs vorzunehmen. Die flexiblen luft- und wasserdurchlässigen schlauchartigen Hüllen ermöglichen eine einfache Anpassung an das Gelände- 40 profil der Pflanzgrube und verhindern auch bei Bodenverschiebungen ein Abreißen der schnorchelartig in den Wurzelbereich hinabführenden Vorrichtungen, so daß der Gas- und Wasseraustausch mit den Wurzeln auch langfristig unbehindert stattfinden kann. Durch die Füllung der flexiblen luft- und wasserdurchlässigen schlauchartigen Hüllen mit Zuschlagstoffen gemäß DIN 4226 wird verhindert, daß Vibrationen und Verkehrsbe- 50 lastungen die den Wasser- und Lufttransport bewirkenden Poren und Zwischenräume zusammendrücken und damit zusetzen könnten. Bei plötzlich auftretenden Platzregen erfolgt über die Vorrichtung eine rasche Wasserabfuhr, so daß zum einen die Gefahr eines Verschlammens verhindert, zum anderen rasch der erwünschte Gasaustausch ermöglicht wird, der bei wassergesättigten Böden aus den bereits oben genannten Gründen sehr stark zurückgeht.

Es ist zwar bereits bekannt, zur nachträglichen Sanierung von Bäumen das oberflächliche Erdreich durch einen starken Wasserstrahl abzutragen und durch Blähton zu ersetzen. Des weiteren wurden zur Baumsanierung im Traufenbereich aus einem Kunststoffrohr bestehende Belüfter in den durch das Auswaschen freigelegten oberen Wurzelbereich der Bäume eingebracht, die jedoch die tieferen Wurzeln nicht erreichen und im übrigen, auch wenn sie seitlich mit Bohrungen versehen sind, nicht soweit luftdurchlässig sind, daß sie den ge-

wünschten Gasaustausch für das Wurzelwerk sicherstellen. Ein weiteres bekanntes Verfahren zur Baumbevässerung schlägt vor, im oberen Wurzelbereich eine an das Wasserleitungsnetz angeschlossene bzw. anschließbare, mit einem Kokosüberzug versehene poröse Ringleitung vorzusehen, um hierdurch die notwendige Bewässerung der Stadtbäume mit einem geringeren Arbeitsaufwand durchführen zu können und um gleichzeitig ein Überfluten von Gehsteigen und Straßen zu vermeiden. Als zusätzliche Ausgestaltung können hierbei sogenannte Dränstäbe vorgesehen sein, die von der Ringleitung senkrecht nach unten in das Erdreich führen und polystyrol-gefüllte durchlöchernte Rohrstücke sind. Die Dränstäbe sind zum einen nicht formstabil, zum anderen entstehen gerade bei schlecht durchlüfteten Böden Gase und Säuren im Zuge von Gärprozessen, die in Wechselwirkung mit dem Polystyrol treten und zu Vergiftungserscheinungen führen können. Der Hauptnachteil des vorbeschriebenen bekannten Systems besteht jedoch darin, daß es eine Belüftung des Erdreichs und damit den Gasaustausch im Bereich der Wurzel nicht zuläßt.

Es wurde auch schon vorgeschlagen, zur Baumsanierung in den Boden gebohrte Löcher mit Dränstäben zu füllen, die im Inneren ein Rohr zur Bewässerung tieferer Schichten enthalten können und ansonsten aus miteinander verklebten teilweise mit einem Nylonfilter versehenen Styroporperlen bestehen. Der Luftdurchtritt durch diese Stäbe ist zum einen beschränkt, da die Kunststoffkügelchen selbst nicht gasdurchlässig sind. Zum anderen sind sie nicht strukturstabil, so daß es durch Schwingungen des Verkehrs oder andersartiger Belastungen bzw. durch Bodenversetzungen zu einem Zusammendrücken kommt, was die Stäbe auf lange Sicht unwirksam macht. Auch eine Wasserspeicherung im Bereich der Stäbe findet nicht statt und die vorgenannten Probleme beim Zusammenkommen des Materials mit im Boden entstehenden Methangas, mit Ammoniak, Öl oder Säuren können langfristig sogar zu einer Vergiftung des Bodens führen. Die gesamten vorstehend erwähnten bekannten Vorrichtungen für die Baumsanierung sind daher nicht geeignet bei Neupflanzungen die erwünschte Belüftungs- und Feuchtigkeitsregulierung und Bodenauflockerungen tiefer Bereiche zu gewährleisten.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als Leichtzuschlagstoff Bims- und/oder Lavaschlacke und/oder Hochofenschlacke verwendet. In einer alternativen besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als Leichtzuschlagstoff ein Granulat verwendet, das bis zu 100 Vol.-% Blähton und/oder Blähschiefer enthält. Diese Materialien sind formstabil verrottungsfest und weisen durch ihre Kapillarität ein Wasserspeicher- und Rückhaltungsvermögen auf, so daß das Material als Feuchtigkeitsspeicher für längere Trockenperioden dient. Daneben hat dieses Material eine hohe Gasdiffusion und die zwischen seinen Einzelteilchen gebildeten Hohlräume werden aufgrund der Formstabilität auch bei Erschütterungen und großen Drücken nicht zugesetzt. Des weiteren entsteht in dem genannten Material auch eine sogenannte Kapillaraszession d.h. durch Kapillarität und Oberflächenspannung an der Oberfläche wird eine Flüssigkeitssäule gegen die Schwerkraft der Erdwirkung angehoben, so daß hierdurch, insbesondere bei tiefen Pflanzgruben, in Trockenperioden eine zusätzliche Möglichkeit zur Feuchtigkeitsabgabe an das Wurzelwerk besteht.

Als besonders zweckmäßig hat es sich erwiesen, die grobkörnigen porigen Leichtzuschlagstoffe bzw. das Granulat zumindest im Zentrum der schlauchförmigen Hülle mit einer Körnung von 10 bis 25 mm vorzusehen, vorzugsweise 12 bis 18 mm wobei in der Regel diese Körnung auch bis an den Rand der Hülle beibehalten wird. Es ist jedoch auch möglich, im Außenbereich d.h. nahe an der Wand der Hülle eine kleinere Körnung vorzusehen, insbesondere dann, wenn eine Verschlämmung des Bodens droht, um hierdurch eine gewisse Filterwirkung gegenüber den mehr im Inneren liegenden Körnungsschichten zu erreichen. Wenn als Material Blähton und/oder Blähschiefer verwendet wird empfiehlt es sich Bruchkorn in einem Anteil von etwa 30 bis 50% zu verwenden.

Die flexible, luft- und wasserundlässige schlauchartige Hülle besteht aus einem nicht verrottbaren Material, vorzugsweise aus einem säurefesten Kunststoff und sollte um die erwünschte Belüftung zu erreichen eine Luftdiffusionswiderstandszahl $\mu \leq 1$ aufweisen. Bezüglich des Durchmessers der Hüllen bestehen an sich keine Beschränkungen. Durchmesser zwischen 10 und 30 cm, vorzugsweise 15 und 16 cm, haben sich jedoch als bevorzugt erwiesen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Hülle besteht diese aus einem sogenannten Raschelgewebe, wie es in ähnlicher Ausgestaltung beispielsweise zur Verpackung von Südfrüchten verwendet wird, und das die grobkörnigen porigen feinen Zuschlagstoffe im Inneren wie ein Netz zusammenhält. Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung besteht die Hülle aus einem Bändchengewebe, welches vorzugsweise aus zwei zueinander senkrecht verlaufenden Sätzen von Kunststoffbändchen besteht, wobei die nebeneinander liegenden Bändchen derartige Abstände voneinander haben, daß sie ca. 50 bis 80%, vorzugsweise ca. 70% der von ihnen eingenommenen Fläche bedecken. Hierdurch und durch die seitliche Verschiebung der einzelnen Bändchen durch die Innen anliegenden Körner der porösen Leichtzuschlagstoffe wird die erwünschte Luftdiffusionswiderstandszahl erreicht. Die Bändchen haben zweckmäßigerweise eine Breite 0,5 bis 2 mm vorzugsweise von 0,8 bis 1,2 mm.

Polyethylen oder Polypropylen wird gerne als Material für die Hülle verwendet, zumal diese Materialien preisgünstig und leicht erhältlich sind.

Bei Böden die besonders zum Verschlämmen neigen und in Bereichen, bei denen eine derartige Verschlämmungsgefahr besonders groß ist, empfiehlt es sich die Hülle von einer Schicht eines Wurfaservlieses zu umgeben.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist es möglich, die wasser- und luftdurchlässige Hülle zumindest im Seitenbereich doppelwandig auszubilden, wobei zwischen den beiden Wänden ein feinkörnigeres Granulat eingebracht wird, mit einer Körnung von etwa 2 bis 10 mm, als im Innenbereich der inneren Wand, innerhalb deren der Hauptgasaustausch und Wassertransport stattfindet. Das Granulat im inneren Bereich verschlämmt hierdurch nicht so schnell.

Zwecks vereinfachtem Transport und um das Verlegen zu erleichtern ist die Hülle an ihrem unteren und oder oberen Ende mit Vorteil verschlossen, vorzugsweise vernäht oder verschweißt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Vorrichtung durch diskrete in Längsrichtung aneinander anschließende gefüllte Hüllenteile gebildet, die mittels Verbindungselementen

aneinander koppelbar sind. Die gefüllten Hüllenstücke sind beispielsweise 60 oder 120 cm lang, was ihren Transport auf Palletten erleichtert. Gemäß einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthalten die Vorrichtungen Zwei- oder Mehrfachverzweigungen in Richtung auf die Sohle der Pflanzgrube, d. h. der durch die Vorrichtung gebildete Luft- und Flüssigkeitsführungs kanal verzweigt sich mehrfach nach unten im Wurzelbereich. Die Verzweigungen erfolgen vorzugsweise im Bereich der Verbindungselemente wobei die oberen und unteren Enden der Hüllenstücke grob porös ausgebildet sind, um bei einem Übergang von einem gefüllten Hüllenstück zum nächsten die Gas- und Wasserführung nicht zu unterbrechen. Eine andere Möglichkeit hierzu besteht darin, Mittel vorzusehen, die ein Öffnen der Hüllenden beim oder nach dem Zusammenkoppeln der einzelnen gefüllten Hüllenstücke ermöglichen. Gemäß einer besonders einfachen Weiterbildung der Erfindung enthalten die Hüllen an ihrem oberen Rand eine vorzugsweise mit einem Verstellknebel versehene Zugschnur, die in einer Randumbördelung der Hülle geführt sein kann und durch ein Zusammenziehen ein Verschließen der Hülle ermöglicht. Umgekehrt erlaubt es diese Ausgestaltung das gefüllte Hüllenstück nach Anbringung an dem gewünschten Ort oben einfach zu öffnen und in es das untere Ende des nächstfolgenden Hüllenstückes einzusetzen sowie dieses durch anschließendes Straffziehen der Zugschnur zu fixieren. Dieses Vorgehen wird erleichtert, wenn die Hüllen an ihren oberen Enden trichterförmig erweitert sind und/oder wenn sie sich an ihren unteren Enden leicht verjüngen.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung sind die Hüllen nicht vollständig mit dem Leichtzuschlagstoff gefüllt, so daß sie einen überstehenden oberen Randbereich aufweisen der in Längsrichtung aufgeschlitzt oder beispielsweise durch entsprechende Bruchstellen leicht aufschlitzbar ist. Über der Füllung ist die Hülle verschlossen, beispielsweise durch eine Naht, über der sich der überstehende Randbereich etwa 10 cm nach oben erstreckt, wenn die Hülle eine Länge von beispielsweise 120 cm aufweist. Bei dieser Ausgestaltung wird in das unterste in die Pflanzgrube eingebrachte Hüllenstück das nächstfolgende Hüllenstück in dem überstehenden Randbereich eingesetzt. Der Verschuß an der Oberseite der Füllung und der Abschluß am unteren Ende des oberen Hüllenstücks werden anschließend unter Umständen gelöst, beispielsweise durch Durchschneiden und Herausziehen der Naht, welche die Hülle oben bzw. unten abgeschlossen hat. Auch eine Kombination der beiden vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen ist möglich.

Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung bestehen die Verbindungselemente aus Rohrstücken, die zweckmäßigerweise aus einem halbfesten Kunststoff gefertigt sind und in ihrem Inneren, etwa in der Mitte, Begrenzungsvorsprünge oder einen irisblendenartigen Ring aufweisen, so daß bewirkt wird, daß die im Bereich des Verbindungselements aneinander angrenzenden gefüllten Hüllenstücke jeweils definiert in die Verbindungselemente hineingeschoben werden. Eine trichterförmige Erweiterung an den Enden vereinfacht diesen Vorgang. Ein typisches Verbindungselement hat in etwa eine Länge von 10 cm oberhalb und unterhalb der Begrenzungsvorsprünge bzw. des irisblendenartigen Rings.

Als günstig hat es sich auch erwiesen, wenn die Rohrstücke von ihren Mündungen nach innen weisende, wi-

derhakenförmige Zapfen aufweisen, welche einem Hineinschieben der gefüllten Hüllenstücke keinen Widerstand entgegensetzen, ein unbeabsichtigtes Herausziehen derselben jedoch verhindern. Es ist ferner zweckmäßig, wenn die Rohrstücke in ihrem Inneren Schneidkanten aufweisen, die beim Einschieben der Hüllenden deren Ober- und/oder Unterseite aufschneiden bzw. die entsprechenden Nähte auftrennen, die zweckmäßigerweise mit derartigen Stichen ausgeführt sind, das nach dem Durchtrennen des Fadens an einer Stelle dieser insgesamt leicht herausziehbar ist.

Die Erfindung betrifft des weiteren die Verwendung der vorbeschriebenen Vorrichtung zur Belüftung und/oder Bewässerung von Stadtbäumen, wobei zumindest eine der Vorrichtungen vor dem Einbringen des Baumes in die Pflanzgrube der Außenwandung derselben folgende derart eingebracht wird, daß das oberste Ende der obersten schlauchartigen Hülle im wesentlichen mit dem Flächenniveau der Umgebung fluchtet und daß das zumindest eine untere Ende bis zum Boden der Pflanzgrube, vorzugsweise an deren tiefsten Punkt hinabgeführt ist. Dies vereinfacht den Einbauvorgang, da es lediglich notwendig ist, die gefüllten Hüllen an die Wand der Pflanzgrube zu legen, wobei diese zweckmäßigerweise geschlängelt und/oder gestaucht werden, um hierdurch einen Schutz gegen ein Abreißen bei größeren Bodenversetzungen zu bieten. Es empfiehlt sich bei dem Einbau die mit den Leichtzuschlagstoffen gefüllten Hüllen, insbesondere in dem sich nach unten verzweigenden Bereich in einer Schräglage von etwa 30 bis 70° gegenüber der Vertikalen zu verlegen, sodaß eine gute Durchlüftung in demjenigen Bereich erzielt wird, in welchen die Wurzeln später hinwachsen. Es versteht sich von selbst, daß die Pflanzgrube zunächst in der Regel tiefer ausgeführt wird, als dies zur Aufnahme des Wurzelballens des jungen Baumes notwendig ist oder daß die mit Leichtzugsfarbstoffen gefüllten Hüllen unter dem Boden dieser Pflanzgrube abgesenkt werden, um dem Wurzelwerk des Baumes bei dessen Wachsen das Eindringen in größere Tiefen zu ermöglichen und auch dort weiterhin die gewünschte Versorgung mit Feuchtigkeit und den notwendigen Gasaustausch sicherzustellen.

Die beiliegenden Zeichnungen dienen zur weiteren Erläuterung der Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische teilgeschnittene Darstellung einer Pflanzgrube im Stadtbereich, die Wurzel eines darin aufzunehmenden Baums, sowie mehrere Vorrichtungen zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die Struktur der Hülle der Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Beispiel für die Struktur einer Hülle der Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen.

Fig. 4 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf einen Teil einer Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen und einen vergrößert herausgezeichneten Bereich aus dem das Granulat ersichtlich ist, mit welchem die Umhüllung gefüllt ist.

Fig. 5 zeigt im Längsschnitt eine Variante der Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen, bei der in einem Bereich ein Faservlies aufgebracht ist, um einem Verschlämmen des Inneren der Vorrichtung entgegenzuwirken.

Fig. 6 zeigt im Längsschnitt eine weitere Variante der

Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen, bei der die Hülle zweischichtig ausgebildet ist und zwischen den beiden Schichten ein feinkörnigeres Granulat als im Inneren vorgesehen ist.

Fig. 7 zeigt eine Schnittdarstellung ähnlich zur derjenigen von Fig. 6 von einer weiteren Variante der Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregelung des Wurzelraums von Stadtbäumen.

Fig. 8 zeigt in perspektivischer Darstellung die Verbindung zweier mit porösen Leichtzuschlagstoffen gefüllten Hüllenstücken.

Fig. 9 zeigt einen Längsschnitt durch ein ähnliches Verbindungsstück, wie das von Fig. 8.

Fig. 10 zeigt ein mit einer Zweifachverzweigung versehenes weiteres Verbindungsstück in perspektivischer Darstellung.

Fig. 11 zeigt ein mit einer Dreifachverzweigung versehenes Verbindungsstück in perspektivischer Darstellung.

Fig. 12 zeigt eine weitere Möglichkeit zur Verbindung zweier aneinander angrenzender, gefüllter Hüllenstücke, wobei in Fig. 12a ein durch die Linien 12a-12a herausgegriffener Bereich einer Verbindungsnaht vergrößert dargestellt ist.

Fig. 13 zeigt eine Darstellung ähnlich zu derjenigen von Fig. 12, bei der die Verbindung zwischen den beiden voneinander zu koppelnden Hüllenstücke vollzogen ist.

In Fig. 1 erkennt man eine Pflanzgrube 1 im Stadtbereich, die auf der Rückseite von einer tief in den Boden reichenden Betonmauer 2 und an beiden Seiten von einer lediglich schematisch dargestellten, eine geschlossene Oberfläche aufweisenden Straßen- oder Gehsteigdecke 3 begrenzt ist, unter der sich eine Sandschüttung 4 befindet auf welcher diese ruht. Der darunter befindliche Boden 5 begrenzt mit schematisiert angedeuteten Böschungswänden 6 und 7 und einem Bodenbereich 8 die Pflanzgrube 1, welche eine Größe aufweist, daß sie das Wurzelwerk 9 eines ausgewachsenen Baumes 10 aufnehmen kann. An die Böschungswände 6 und 7 angelehnt sind mehrere Vorrichtungen zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraums vorgesehen, wobei die beiden gleichartig ausgebildeten an die Böschungswand 7 angelehnten mit dem Bezugszeichen 11 und eine an die Böschungswand 6 angelehnte Variante 12 mit dem Bezugszeichen 12 versehen ist, wobei sich letztere nach unten in zwei Arme 12a und 12b verzweigt. Man erkennt aus Fig. 1, daß die unteren Enden der Vorrichtungen 11 und 12 bis zum tiefsten Punkt der Pflanzgrube geführt sind, wobei sie am Übergang von den Böschungswänden zum Bodenbereich nach innen umbiegen und etwa unter dem Stamm des Baumes 10 enden. Die Verzweigungen 12a und 12b sind auseinandergespreizt um dafür Sorge zu tragen, daß ein möglichst großer Bereich der Pflanzgrube befeuchtet und belüftet wird. Nach dem die Vorrichtungen 11 und 12 in die Pflanzgrube 1 eingebracht sind — was in von der Darstellung in Fig. 1 abweichender Weise mit einer unterschiedlichen Zahl von Vorrichtungen und unterschiedlichem Verlauf derselben erfolgen kann — wird der Baum 10 mit seinem Wurzelwerk 9 und in der Regel mit dem zugehörigen Erdballen eingesetzt, wobei der frei verbleibende Bereich der Pflanzgrube 1 gleichzeitig mit dem Bodenmaterial ausgefüllt wird. Bevor die Pflanzgrube 1, was in den Zeichnungen nicht dargestellt ist, vollständig ausgefüllt ist werden auf die oberen Enden der Vorrichtungen 11 und 12, welche in etwa mit dem Niveau der Straßen- bzw. Gehsteigdecke 3 fluch-

ten, kanaldeckelartige Abschlußsteine oder -kästen 13 aufgesetzt, die in ihrer Oberseite Schlitze 14 tragen, welche den Durchtritt von Luft, durch die Pfeile 15 angedeutet, und Wasser, durch die Pfeile 16 angedeutet, ermöglichen und unter Umständen noch ein Grobfilter enthalten können. Die Vorrichtungen 11 und 12 bestehen aus einer flexiblen luft- und wasserdurchlässigen schlauchartigen Hülle 17 und einer Füllung aus einem grobkörnigen porigen Leichtzuschlagstoff, beispielsweise einem Blähton oder einem Blähschiefergranulat 18, das, wie aus dem in Fig. 4 herausgezeichneten Bereich hervorgeht, aus einer Vielzahl von mehr oder weniger gleichförmigen, zum Teil gebrochenen Körnern 18a besteht. Die Fig. 2 und 3 zeigen zwei Beispiele für eine praktische Ausgestaltung der Hülle 17. Die Hülle bei der Ausgestaltung von Fig. 2 besteht aus einem Bändchengewebe 19, das aus zueinander senkrecht verlaufenden Kunststoffbändchen 19a, 19b gebildet und in der Darstellung von Fig. 2 etwa in natürlicher Größe wiedergegeben ist. Fig. 3 zeigt die Ausbildung der Hülle 17 als sogenanntes Raschelgewebe 20, das aus einem Netzwerk miteinander vernetzter Kunststoffäden besteht, welche rautenförmige Öffnungen 21 begrenzen. Auch bei der Darstellung von Fig. 3 ist das Raschelgewebe 20 etwa in natürlicher Größe wiedergegeben.

Die Hülle 17 ist, wie aus der Darstellung der Fig. 1 hervorgeht, am unteren Ende verschlossen, was beispielsweise durch einen Abnäher 22 geschieht. Die Hülle 17 ist in dem in Fig. 4 dargestellten Falle aus einer Materialbahn gebildet, wobei deren gegenüberliegende Enden in einem Saum 23 beispielsweise durch Nähen oder Verschweißen verbunden sind. Die entstandene, schlauchförmige Hülle wird, wie durch den Pfeil F in Fig. 4 angedeutet, mit dem Granulat 18 gefüllt, welches für eine bevorzugte Ausführungsform in dem in Fig. 4 vergrößert herausgezeichneten Bereich in etwa in natürlicher Größe wiedergegeben ist. Die Pfeile 24 deuten an, daß die Hülle 17 luft- und wasserdurchlässig ist, wobei sie bevorzugt eine Luftdiffusionswiderstandszahl $\mu \leq 1$ aufweist.

Bei dem Längsschnitt durch das in Fig. 5 dargestellte Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung ist in einem Bereich über der Hülle 17 eine Filterschicht 25 beispielsweise aus einem Wirrfaservlies angebracht, welche an denjenigen Stellen zur Verwendung kommt, an denen ein Einbringen von größeren Schlammengen zu befürchten ist, welche das Innere der Vorrichtung 11, 12 zusetzen könnten.

Bei der in Fig. 6 im Längsschnitt gezeichneten Variante der Vorrichtung ist die Hülle 17 zweiwandig ausgebildet, wobei zwischen der Außenwand 26 und der Innenwand 27, die beide luft- und wasserdurchlässig sind, ein feinkörnigeres Granulat 28 eingebracht ist, als das Granulat 18, welches den Raum innerhalb der Innenwand 27 ausfüllt. Eine ähnliche Wirkung erzielt man bei der in Fig. 7 dargestellten Variante der Vorrichtung zur Belüftung und Feuchtigkeitsregulierung des Wurzelraums von Stadtbäumen, bei der durch einen geeigneten Einfüllvorgang, beispielsweise mittels zweier konzentrischer Trichter, das feinkörnige Granulat 28 in dem der Hülle 17 anliegenden Bereich und das grobkörnigere Granulat 18 im Inneren eingebracht wird. Einem Verschlämmen der Vorrichtung wird auch auf diese Weise entgegengewirkt.

Bei der Darstellung von Fig. 1 waren die Vorrichtungen 11 und 12 aus Gründen der Vereinfachung einstückig dargestellt worden. Es ist selbstverständlich möglich, diese auch als solche auszubilden. Aus Gründen eines

vereinfachten Transports und Einbaus, sowie um eine Anpassung an unterschiedliche Pflanzgruben zu ermöglichen, empfiehlt es sich jedoch in der Regel die Vorrichtungen 11 und 12 aus verschiedenen Teilelementen zusammenzusetzen, wobei mit Granulat gefüllten Hüllens-
stücke 17a, 17b unter Zuhilfenahme unterschiedlicher Verbindungselemente zu der einheitlichen Vorrichtung 11 oder 12 verbunden werden.

Bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 8 erfolgt dies mittels eines einfachen Verbindungselements 29, das aus einem Rohrstück 30 besteht, das etwa gleich beabstan-
det von seinen Enden einen irisblendenartigen Ring 31 trägt, der beim Einschieben der gefüllten Hüllens-
stücke 17a und 17b bewirkt, daß das Rohrstück 30 die gewünschte Verbindung herstellt und nicht verrutscht. Aus der in Fig. 9 dargestellten Querschnittsansicht sieht man, daß im Inneren des Rohrstücks 30 widerhakenförmige Zapfen 32 angebracht sind, welche verhindern, daß die Enden der in das Verbindungselement 29 eingeführten gefüllten Hüllens-
stücke 17a, 17b unbeabsichtigt wieder herausgleiten. Anstelle der Irisblende 31 sind hier weitere Vorsprünge 33 vorgesehen, welche Schneidkanten 34, 35 enthalten, die beim Einschieben der Enden der gefüllten Hüllens-
stücke 17a, 17b das Material der Hülle oder die Endabschlüsse derselben zerstören, und damit sicherstellen, daß auch im Übergangsbereich von zwei aneinandergrenzenden Hüllens-
stücken 17a, 17b der Wasserdurchtritt und der Gasaustausch nicht behindert wird.

Fig. 10 zeigt ein weiteres Verbindungselement 36, das eine Zweifachverzweigung ermöglicht und in den Endbereichen trichterförmige Erweiterungen 37 enthält, welche das Einführen der Enden der gefüllten Hüllens-
stücke erleichtern.

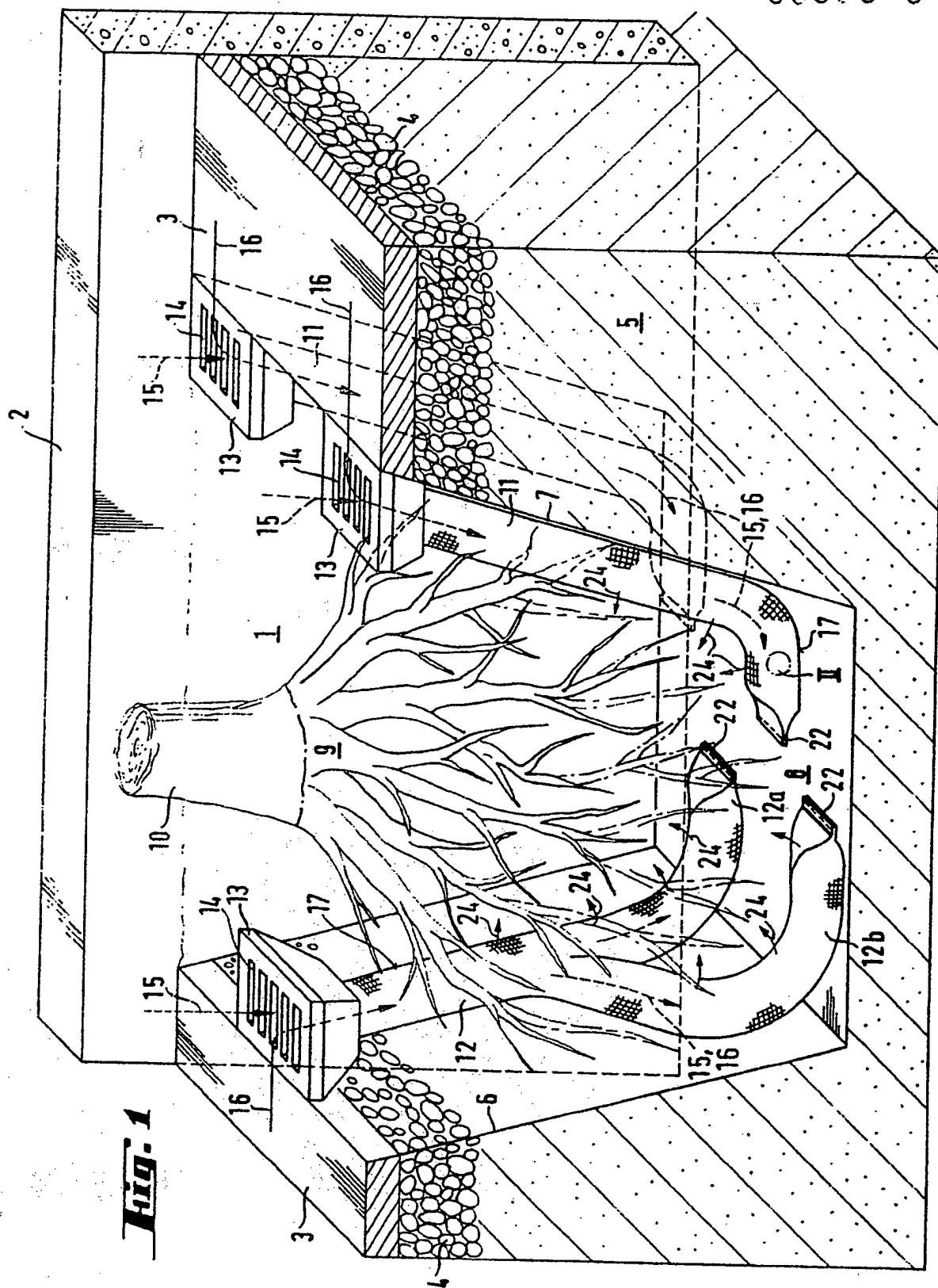
Fig. 11 zeigt ein als Dreifachverzweigung ausgebildetes Verbindungselement 38, das bezüglich seiner Ausgestaltung im wesentlichen demjenigen von Fig. 10 entspricht mit der Ausnahme, daß ein von oben einkommendes gefülltes Hüllens-
stück sich nicht in zwei, sondern in drei von unten eingeführte gefüllte Hüllens-
stücke verzweigt. Die Zweifachverzweigung 36 und die Dreifachverzweigung 38 sind derart ausgebildet, daß abrupte Abbiegungen im Verlauf der sie verbindenden gefüllten Hüllens-
stücke vermieden sind, wobei die Abbiegungswinkel α bzw. β zwischen 30° und 70° variieren können. Dies bedeutet, daß sie im gleichen Winkelbereich liegen unter dem die Vorrichtungen in der Regel gegenüber der Vertikalen verlegt werden.

Fig. 12 zeigt verschiedene weitere Möglichkeiten zur Herstellung einer Verbindung zwischen den Enden gefüllter Hüllens-
stücke 17a und 17b. Bei der einfachsten Ausgestaltung ist das untere Ende des Hüllens-
stücks 17a in beliebiger Weise verschlossen, beispielsweise mittels einer Naht oder einer Verschweißung. Es muß jedoch nicht die spezielle in Fig. 12 dargestellte und mit dem Bezugszeichen 39 belegene Naht sein. Das obere Ende des unterhalb belegenen gefüllten Hüllens-
stücks 17b ist ebenfalls, wie durch das Bezugszeichen 40 angedeutet, verschlossen, beispielsweise mittels einer entsprechenden Naht. Das Hüllens-
stück 17b ist jedoch nicht bis an sein Ende gefüllt, sodaß oberhalb des durch die Naht 40 gebildeten Abschlusses ein überstehender Randbereich 41 entsteht, der zusätzlich erweitert sein kann. Der Randbereich enthält in Längsrichtung des Hüllens-
stücks 17b verlaufende Schlitze 42, die bei der einfachsten Ausgestaltung weggelassen werden können. Die Schlitze 42 können auch beim Zusammensetzen der verschiedenen gefüllten Hüllens-
stücke 17a, 17b durch Einschnitten mit

einem Messer o. ä. gebildet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Sollbruchstellen vorzusehen, die ein einfaches Aufreißen an diesen Bereichen ermöglichen. Bei der einfachsten Ausgestaltung wird das untere Ende des oberen gefüllten Hüllens-
stücks 17a in den mit den Schlitzen 42 versehenen Randbereich hineingestellt und dort belassen, wobei fakultativ eine mechanische Verbindung zwischen den übereinanderzuliegen kommenden Bereichen der Hüllens-
stücke 17a und 17b hergestellt werden kann, beispielsweise mittels eines durch beide durchzuschlagenden Nagels.

Bei einer Weiterbildung dieser Art der Verbindung ist die obere Kante des Randbereichs 41 wie durch das Bezugszeichen 43 angedeutet, umgeschlagen und es ist eine Zugschnur 44 in dem hierdurch gebildeten lediglich durch die Schlitze 42 unterbrochenen Kanals eingelegt, deren freie Enden 44a, 44b zunächst lose oder durch einen nicht gezeigten Verstellknebel geführt sind. Nach Einsetzen des unteren Endes des oberen gefüllten Hüllens-
stücks 17a in die von dem Randbereich 41 gebildete Tasche werden die Enden 44a, 44b der Zugschnur festgezogen und wie aus Fig. 13 ersichtlich, zusammengeknüpft bzw. durch den Verstellknebel arretiert, so daß eine sichere Verbindung zwischen den gefüllten Hüllens-
stücken 17a und 17b hergestellt ist. Wenn die Nähte 39 und 40 gemäß der Darstellung von Fig. 12a ausgeführt sind, läßt sich der Hauptfaden 45 einfach herausziehen, der durch eine Reihe von die beiden gegenüberliegenden Flächen des unteren Hüllens-
endes verbindende Schlaufen 46 eines zweiten Fadens 47 verbunden ist, wenn letzterer irgendwo durchtrennt wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, wie dies in Fig. 13 dargestellt ist, daß anstelle der Naht 40 eine weitere Zugschnur 48 in die Hülle eingenäht ist, die ebenfalls gelockert wird, bevor das obere gefüllte Hüllens-
stück 17a, wie durch die Pfeile in Fig. 12 angedeutet, mit dem oberen Ende des unteren gefüllten Hüllens-
stücks 17b verbunden wird.



3600340

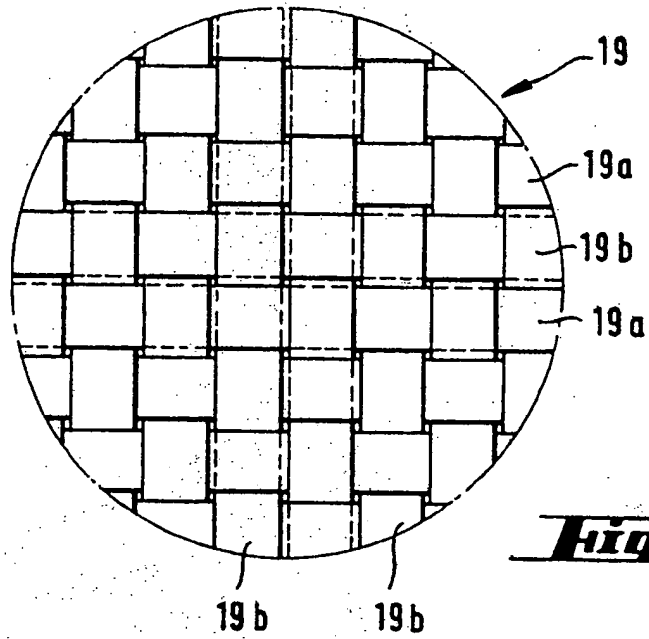


Fig. 2

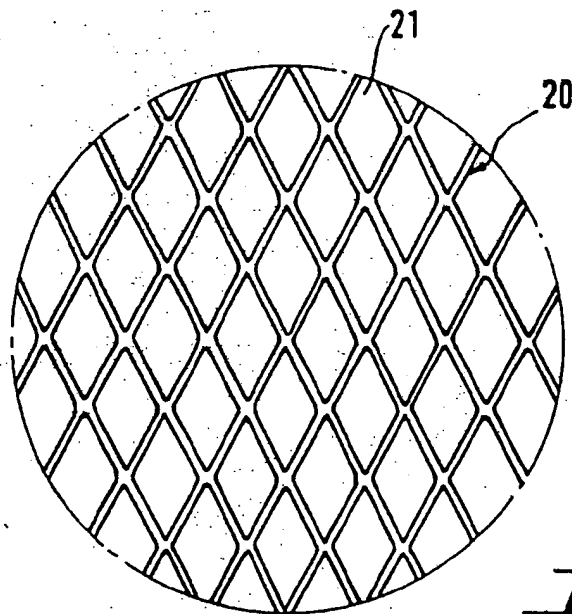
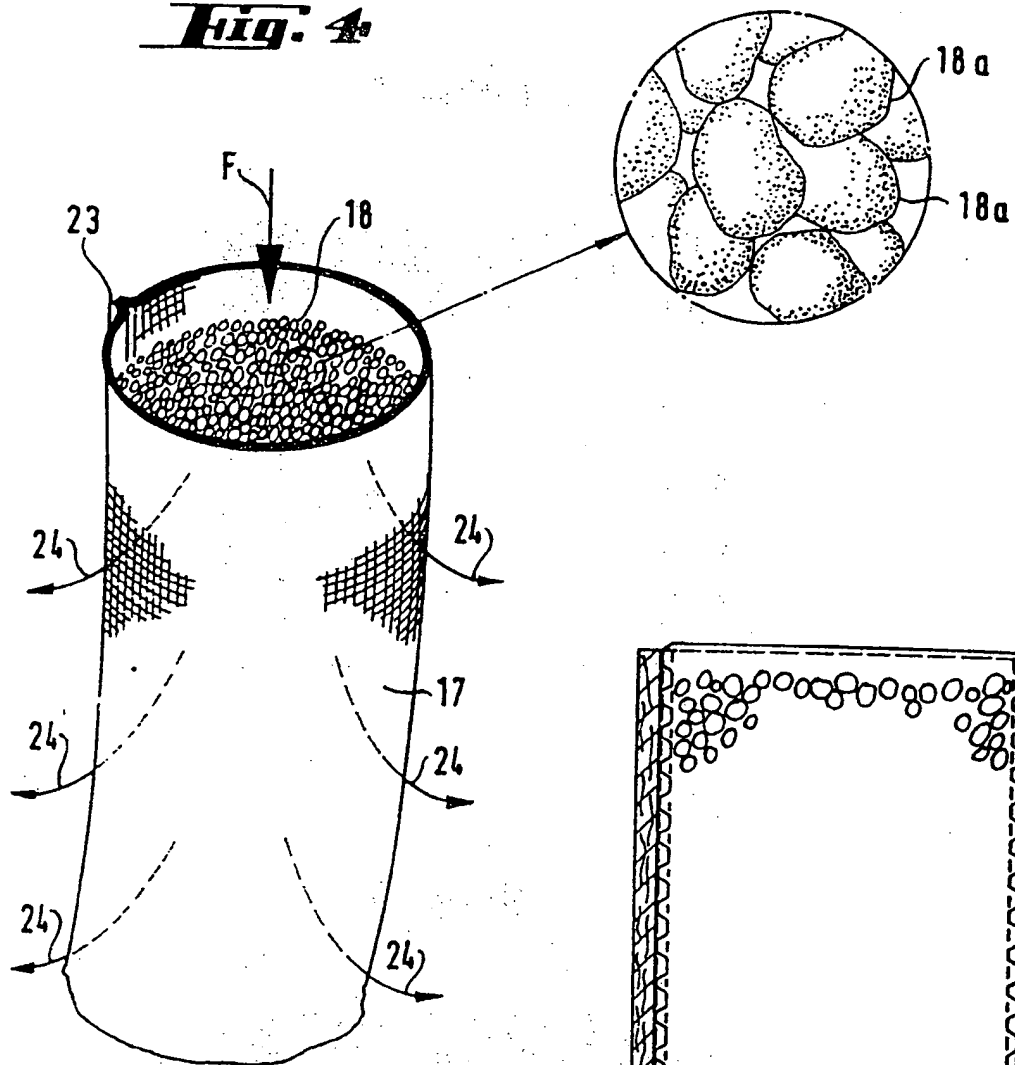
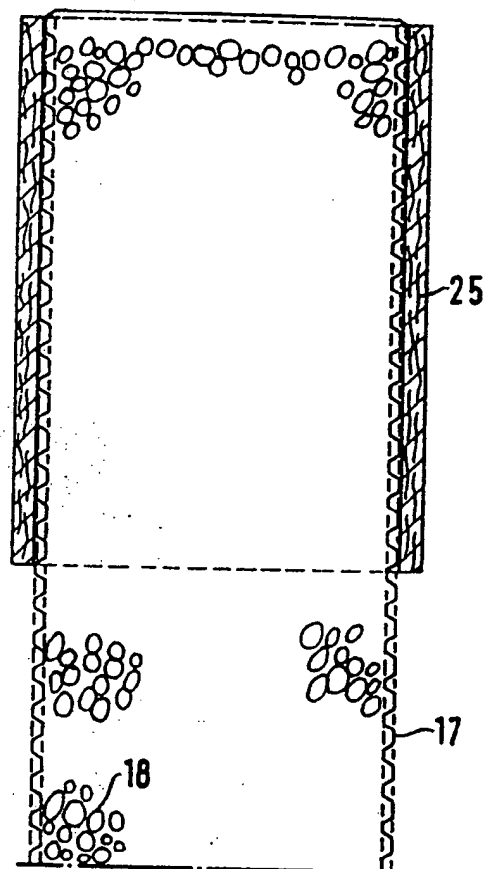


Fig. 3

Fig. 4**Fig. 5**

3600340

Fig. 6

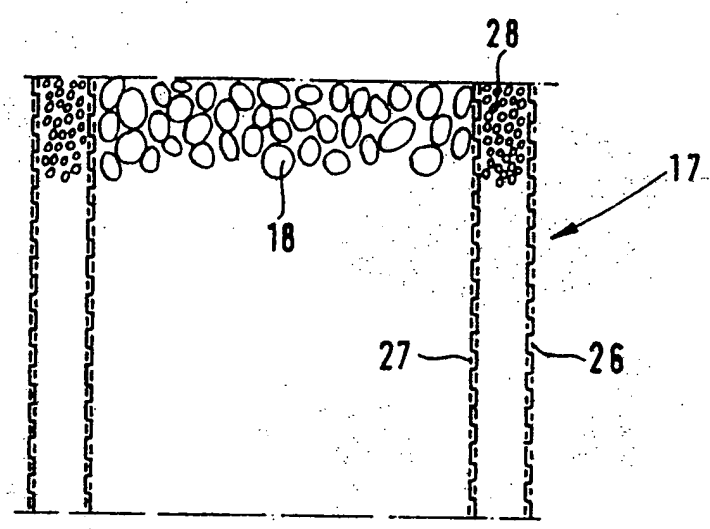
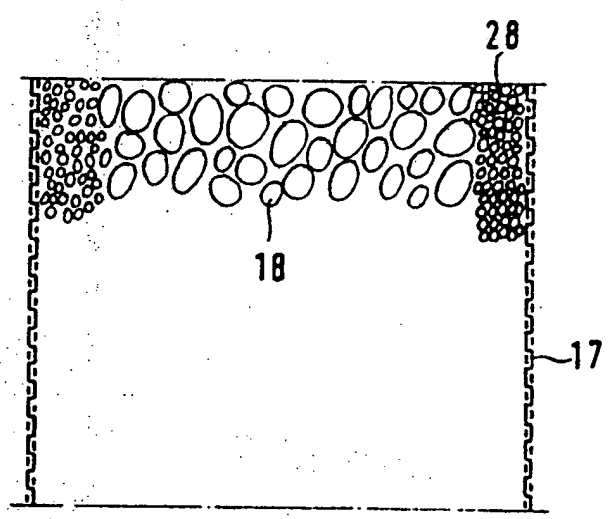


Fig. 7



3600340

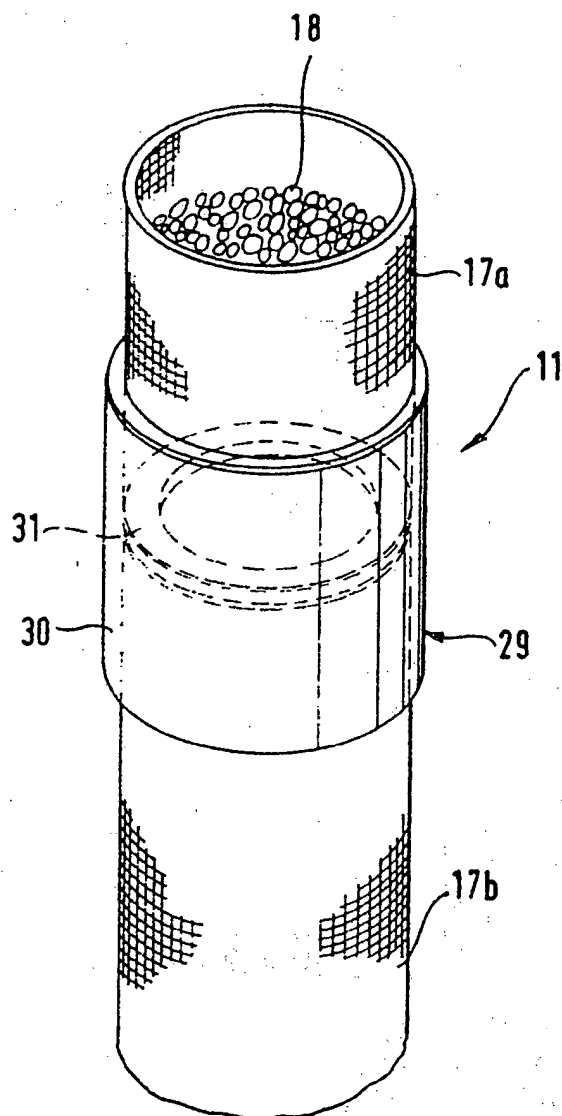


Fig. 8

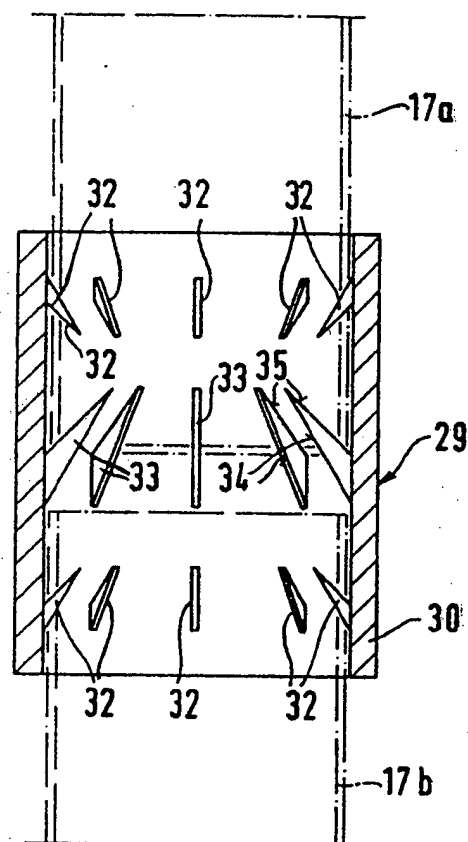


Fig. 9

3600340

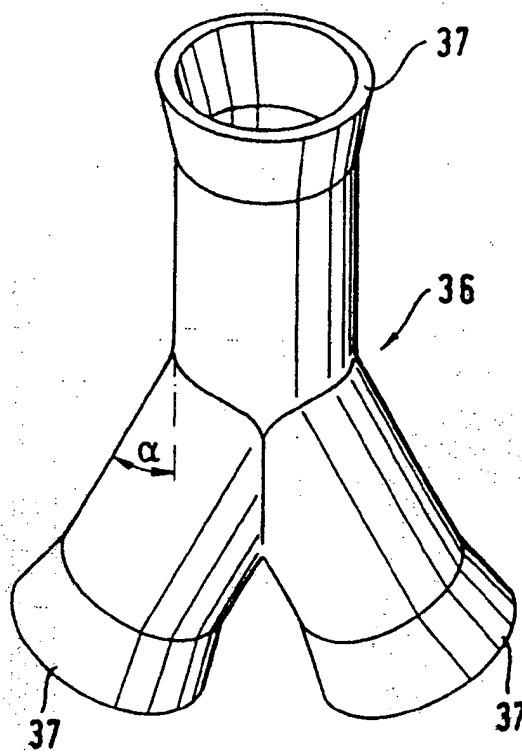


Fig. 10

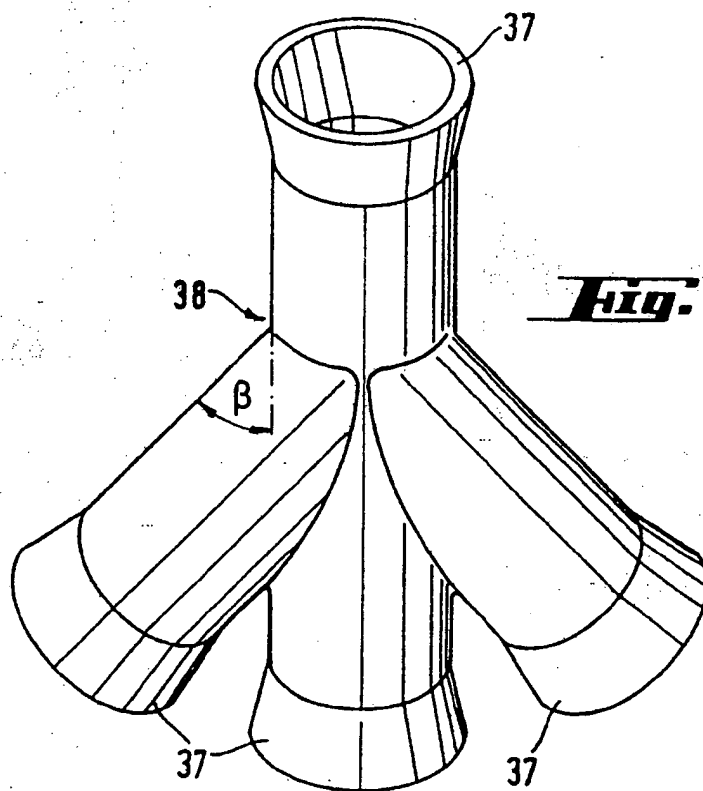


Fig. 11

3600340

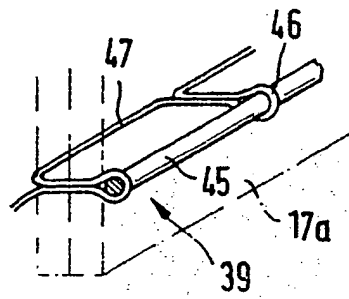


Fig. 12a

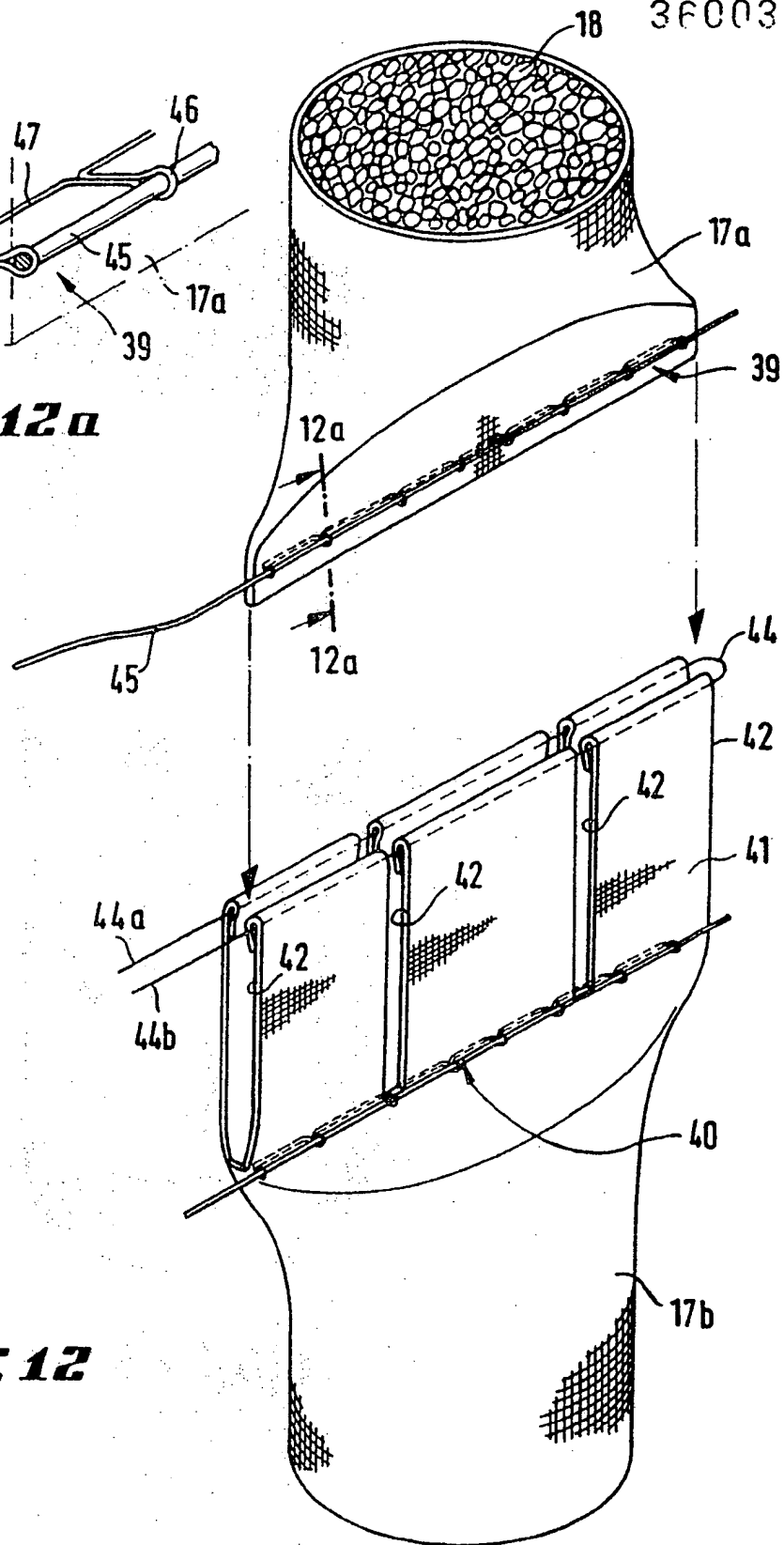


Fig. 12

3600340

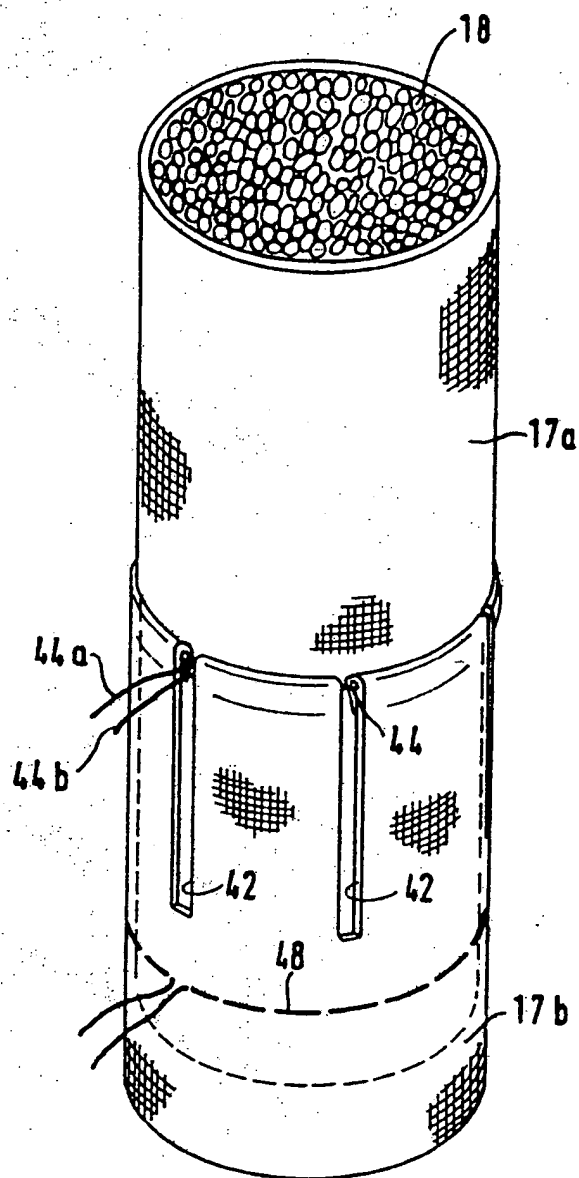


Fig. 13